

Studi Cacahan Radiasi Sr-90 dan Am-241 untuk Beberapa Filter Rokok Komersial Menggunakan Detektor Geiger-Muller

Study on Amount of Radiation Intensity of Sr-90 and Am-241 for some Commercial Cigarette Filters using Geiger-Muller Detector

Sitti Hadaina, Elin Yusibani*, Gunawati

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala, Indonesia

Received September, 2016, Accepted Oktober, 2016

Pengukuran intensitas radiasi pada beberapa filter rokok komersial menggunakan detektor Geiger-Muller dengan sumber radiasi Sr-90 dan Am-241 telah dilakukan. Pengukuran ini dilakukan untuk menghitung besarnya koefisien atenuasi dari filter rokok tersebut. Dalam penelitian ini, jarak dari filter rokok dengan sumber radiasi divariasikan yakni sebesar 6 cm, 7 cm dan 8 cm. Terdapat dua jenis perlakuan sampel yakni sampel filter yang mendapatkan gaya tekan sebesar 5 ton selama 10 menit dan non-tekan (kondisi normal). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin jauh sumber radiasi terhadap detektor, maka semakin kecil intensitas radiasi yang diperoleh. Daya tembus radiasi dengan sumber Sr-90 lebih besar dibandingkan dengan radiasi Am-241. Oleh karena itu, unsur radioaktif Sr-90 memiliki intensitas yang lebih besar dibandingkan dengan unsur radioaktif Am-241.

Study on amount of radiation intensity for some commercial cigarette filters using detector Geiger-Muller with radiation source of Sr-90 and Am-241 has been done. The purpose of the measurement is to measure a mass attenuation of the filter. In this research, the distance of the cigarette filters with the source of radiation was varied i.e 6 cm, 7 cm and 8 cm. The sample cigarette filters was treated, i.e press and non-press (normal condition). The cigarette filters are pressed with a force of 5 tons for 10 minutes using hydraulic press. It was founded that the radiation intensity will decrease with the distance. The amount of radiation intensity of Sr-90 is more higher than Am-241.

Keywords: Radiation, Cigarette filter, intensity, Sr-90, Am-241

Pendahuluan

Tanaman tembakau merupakan bahan utama dalam pembuatan rokok. Tembakau yang terdapat pada rokok tidak hanya mengandung racun seperti nikotin dan tar, akan tetapi pada tanaman ini juga dapat mengandung zat radioaktif seperti Pb-210, Po-210, dan Ra-226 yang merupakan jenis radiasi pengion. Mekanisme pengendapan zat radioaktif pada tumbuhan tembakau terjadi akibat serapan akar dari tanah. Tanah yang mengandung Radium (Ra-226) menjadi media tumbuh bagi tanaman tembakau yang merupakan bahan utama dari rokok tersebut. Radium merupakan induk unsur radioaktif yang nantinya akan meluruh menjadi Radon (Rn-222) dan berakhir pada Pb-210. Zat radioaktif Pb-210 juga dapat terserap oleh tanaman tembakau melalui akar tanaman tembakau tersebut. Mekanisme lainnya adalah melalui daun. Zat radioaktif Pb-210

mengendap pada permukaan daun tembakau sebagai hasil lurutan dari gas radon (Rn-222) yang berasal dari kerak bumi dan selanjutnya lolos ke atmosfer. Daun tembakau mempunyai kemampuan untuk menahan zat radioaktif tersebut, kemudian mengakumulasi unsur radioaktif Pb-210 dikarenakan adanya bulu-bulu tipis pada daun yang disebut *trichoma* yang berfungsi sebagai kolektor dari partikel kecil (Afif dkk, 2014). Radium (Ra-226) dan yang berakhir pada Pb-210 akan terakumulasi dalam tembakau dapat memancarkan radiasi beta dan gamma dengan waktu paruh 19,4 tahun yang dapat menumpuk di paru-paru perokok selama puluhan tahun. Selain Pb-210 pada tembakau juga terdapat zat radioaktif Po-210 yang memiliki waktu paruh 13,3 hari dan memancarkan radiasi alpha dengan energi sebesar 5,305 MeV. Pb-210 dan Po-210 sama-sama berasal dari unsur-unsur

radioaktif yang terdapat dalam deret Uranium. Kedua unsur radioaktif tersebut bersifat radiotoksik bagi sel-sel di dalam tubuh sehingga menyebabkan kanker (Carvalho, 2006).

Hasil yang diperoleh dari penelitian sebelumnya didapatkan bahwa besarnya estimasi dosis efektif dari menghisap asap rokok untuk perokok dewasa pertahunnya untuk Pb-210 dari 47.0 $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$ hingga 134.9 $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$ (rata-rata 104.7 $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$) sedangkan dosis efektif untuk K-40 tidak diperhitungkan karena K-40 merupakan zat radioaktif yang melimpah di alam dan lazimnya terdapat dalam makanan (Papastefanou, 2009). Berdasarkan penelitian Afif dkk (2014), pembagian konsentrasi aktivitas radionuklida kira-kira 75% radioisotop pada rokok terkandung pada asap rokok yang sebagian terhirup dan tersimpan pada jaringan paru-paru dan kira-kira 25% tersimpan pada filter dan abu rokok. Apabila perokok aktif maupun pasif menghirup asap rokok secara terus menerus, maka akan menimbulkan berbagai gangguan kesehatan bagi tubuh. Asap rokok yang mengandung radiasi dari zat radioaktif Po-210 dapat menyebabkan rusaknya sel-sel di dalam tubuh. Seiring berjalannya waktu partikel ini dapat merusak paru-paru dan menyebabkan kanker (Papastefanou, 2009).

Penggunaan filter pada rokok bermanfaat dalam menyerap zat radioaktif yang terkandung di dalam tembakau. Penggunaan filter pada rokok mulai digunakan pada awal tahun 1950. Pemakaian filter ini dimaksudkan agar asap rokok sebagai aliran utama masuknya bahan radioaktif kepada tubuh lebih rendah dibandingkan dengan rokok yang tidak menggunakan filter. Bahan yang sering digunakan dalam pembuatan filter rokok adalah selulosa asetat dan mengandung karbon. Filter dengan selulosa asetat dapat mengurangi jumlah tar dan nikotin dalam asap aliran utama yang dihisap oleh perokok sebanyak 40-50% dibandingkan dengan rokok yang tidak menggunakan filter. Untuk itu perlu dilakukan penelitian seberapa besar efektivitas filter rokok sebagai material penghambat zat radioaktif pada rokok.

Metodologi

Sampel filter rokok didapatkan dari rokok yang dijual secara bebas pada toko di sekitar Darussalam, Banda Aceh-Indonesia. Proses pembuatan sampel filter rokok sebagai material penyerap radiasi dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Syiah Kuala. Pengujian filter

rokok sebagai material penyerap radiasi dilakukan di Laboratorium Fisika, Program studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Syiah Kuala, untuk kemudian dicacah menggunakan detektor Geiger-Muller (@Phywe). Sampel yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas filter rokok dari tiga jenis rokok (A, B dan C) dengan merek dagang tertentu digunakan sebagai simulasi dari keadaan sebenarnya yang dijual secara komersial di daerah Banda Aceh. Sampel mendapat perlakuan tanpa press (kondisi normal) dan pres. Pengujian yang dilakukan adalah mengukur cacahan intensitas radiasi (I) yang dihasilkan dari sumber radioaktif Sr-90 dan Am-241 setelah dilewati oleh filter rokok sebagai material penyerap radiasi. Bahan radioaktif buatan Sr-90 dan Am-241 dipilih sebagai simulasi untuk menggantikan radiasi sebenarnya yaitu Pb-210 dan Po-210. Filter rokok diletakkan pada sebuah pelat berbahan Pb yang berukuran 10x5 cm dan dilubangi pada bagian tengah dengan ukuran sesuai diameter sampel filter tersebut. Perisai Pb disini bertindak sebagai holder bagi sampel filter. Masing-masing pengujian dilakukan pengulangan untuk setiap zat radioaktif dengan variasi jarak antara sampel dan sumber radiasi sejauh 6, 7 dan 8 cm.



Gambar 1 Salah satu sampel dari filter rokok sebelum dan sesudah dikupas kertas pembungkusnya

Untuk sampel pres, filter rokok yang telah dipisahkan dari batang rokok (Gambar 1) ditekan menggunakan *Hydraulic Press* dengan gaya tekan 5 ton selama 10 menit. Selanjutnya semua sampel ditimbang dan diukur dimensinya. Data untuk pengukuran dimensi, volume, massa dan kerapatan dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Untuk filter rokok dengan kondisi normal, sampel berbentuk silinder dan untuk filter rokok yang telah dipres, sampel berbentuk persegi panjang. Data yang disajikan merupakan nilai rata-rata dari empat sampel dengan empat kali perulangan pengukuran. Hasil pengukuran massa yang diperoleh untuk filter rokok kondisi normal dan filter rokok pres memiliki

perbedaan, namun tidak terlalu signifikan. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut terlihat bahwa adanya pengurangan massa filter rokok sebelum dan sesudah dipres. Pengurangan massa dari filter rokok ini diakibatkan karena hilangnya massa udara yang terdapat pada filter rokok saat proses pengepresan. Filter rokok dengan merek rokok A memiliki massa yang lebih besar kemudian diikuti oleh B dan C. Berdasarkan Tabel 1 dan 2 dapat dilihat bahwa filter rokok pada kondisi normal memiliki kerapatan yang lebih kecil dibandingkan dengan kerapatan filter rokok yang telah dipres. Hal tersebut terjadi karena filter rokok kondisi normal memiliki volume yang lebih besar dibandingkan dengan filter rokok pres dengan bahan yang sama. Filter rokok C memiliki kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan filter rokok A dan B, baik itu sebelum dipres maupun sesudah dilakukan proses pengepresan.

Table 1 Pengukuran volume, massa dan kerapatan rata-rata filter rokok pada kondisi normal (bentuk silinder)

| Filter Rokok | Jari-jari (cm) | Tinggi (cm) | Volume (cm ³) | Massa (g) | Kerapatan (g/cm ³) |
|--------------|----------------|-------------|---------------------------|-----------|--------------------------------|
| A | 0.45 | 1.9 | 1.2081 | 0.1232 | 0.102 |
| B | 0.40 | 2.0 | 1.0048 | 0.1007 | 0.100 |
| C | 0.35 | 2.6 | 1.0001 | 0.1199 | 0.120 |

Table 2 Pengukuran volume, massa dan kerapatan rata-rata filter rokok pada kondisi dipres (bentuk persegi empat)

| Filter Rokok | Panjang (cm) | Lebar (cm) | Tinggi (cm) | Volume (cm ³) | Massa (g) | Kerapatan (g/cm ³) |
|--------------|--------------|------------|-------------|---------------------------|-----------|--------------------------------|
| A | 1.9 | 1.2 | 0.016 | 0.03648 | 0.1176 | 3.20 |
| B | 2.0 | 1.1 | 0.012 | 0.0264 | 0.0996 | 3.80 |
| C | 2.6 | 1.1 | 0.010 | 0.0273 | 0.1169 | 4.08 |



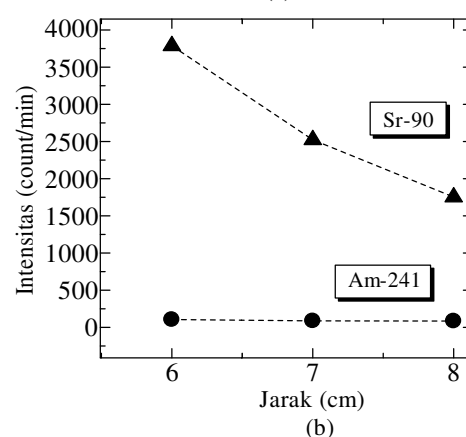
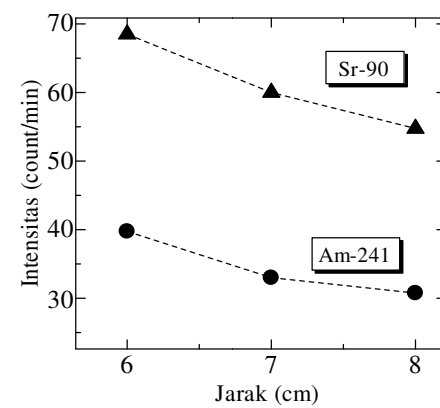
Gambar 2 Pengukuran intensitas radiasi latar pada Laboratorium Fisika FKIP lantai tiga

Intensitas radiasi latar rata-rata terukur sebesar 32 count/min (Gambar 2). Radiasi latar ini dapat berasal dari radiasi kosmik yang tembus ke permukaan bumi. Besarnya radiasi kosmik ini sangat dipengaruhi oleh ketinggian suatu tempat. Semakin

tinggi keberadaan tempat tersebut maka semakin besar pula intensitas radiasi sinar kosmik tersebut (Wiriyosimin, 1995). Intensitas radiasi latar ini akan menjadi faktor koreksi untuk intensitas radiasi setelah melewati filter rokok.

Hasil Penelitian

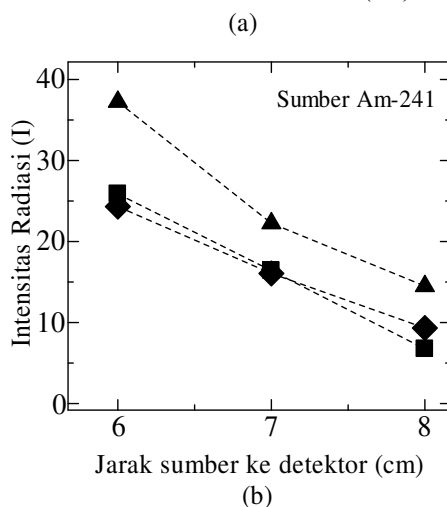
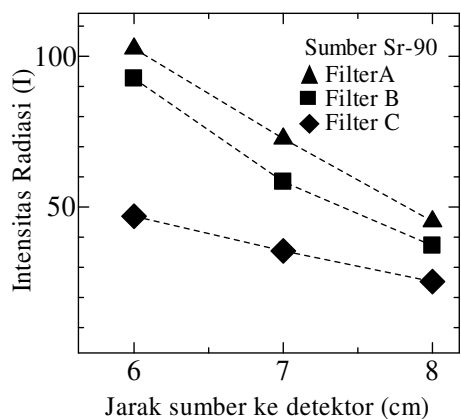
Gambar 3 menunjukkan pengaruh dari peletakan bahan perisai Pb sebelum dan sesudah dilubangi terhadap intensitas dari sumber Sr-90 dan Am-241 berdasarkan perbedaan jarak sampel dan sumber radiasi. Berdasarkan Gambar 3 didapatkan bahwa intensitas radiasi setelah melewati perisai Pb tanpa lubang lebih kecil dibandingkan dengan intensitas radiasi setelah melewati perisai yang telah diberi lubang. Intensitas radiasi sangat dipengaruhi oleh jenis radiasinya.



Gambar 3 Pengaruh jarak terhadap intensitas (a) Perisai Pb tanpa lubang (b) Perisai Pb diberi lubang

Sumber Sr-90 memiliki intensitas yang lebih besar dibandingkan dengan sumber Am-241 karena Sr-90 memancarkan radiasi β sedangkan Am-241 memancarkan radiasi α . Radiasi β memiliki daya tembus yang lebih besar dibandingkan radiasi α sehingga untuk sumber Sr-90 memiliki intensitas radiasi yang lebih tinggi. Dengan demikian keberadaan perisai Pb sebagai holder dapat

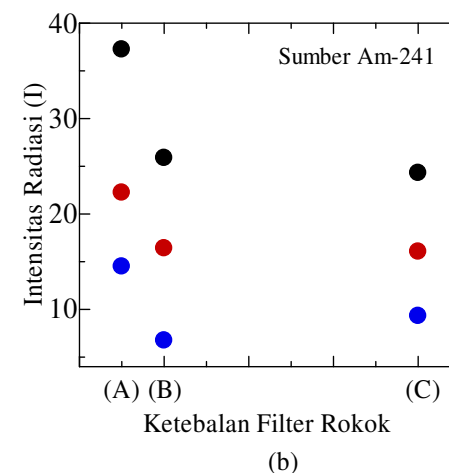
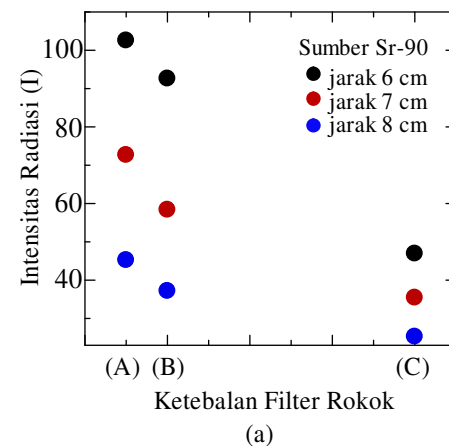
mempengaruhi nilai intensitas radiasi yang akan diukur pada penelitian ini. Gambar 4 dan 5 menjelaskan hubungan cacahan intensitas radiasi dari sumber terhadap jenis filter rokok pada kondisi normal dan pres. Untuk data yang ditampilkan, faktor koreksi dari cacahan intensitas radiasi latar telah dikurangkan dalam perhitungan. Berdasarkan Gambar 3(b) dan Gambar 4 didapatkan bahwa dengan adanya filter rokok maka dapat menyebabkan penyerapan radiasi dari sumber oleh filter sehingga nilai cacahan maksimum dapat berkurang menjadi sekitar 100 count/min untuk sumber radiasi beta (sumber Sr-90) dan sekitar 40 count.min untuk radiasi alfa (Am-241).



Gambar 4 Grafik hubungan antara jarak terhadap Intensitas radiasi pada filter rokok kondisi normal (a) Sumber Sr-90 (b) Sumber Am-241

Berdasarkan Gambar 4 dan 5 dapat dilihat bahwa cacahan intensitas radiasi setelah melalui bahan perisai (I) dipengaruhi oleh jarak paparan radiasi. Semakin jauh jarak paparan radiasi kepada detektor maka semakin kecil pula intensitas radiasi yang dihasilkan. Untuk filter rokok A pada kondisi normal memiliki cacahan intensitas radiasi (I) paling tinggi yaitu sebesar 102.56 count/min diikuti oleh filter rokok B sebesar 92.63 count/min dan filter

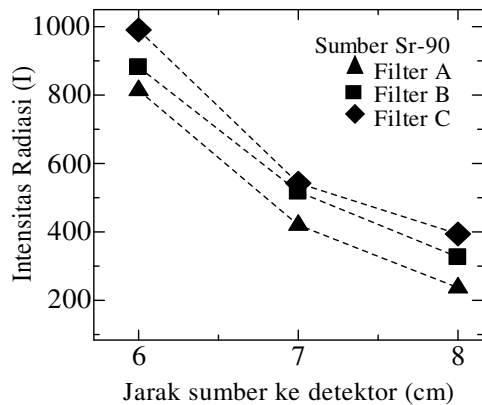
rokok C sebesar 46.94 count/min dengan jarak 6 cm menggunakan sumber Sr-90. Hasil pengukuran untuk sumber Am-241 diperoleh intensitas radiasi sebesar 37.25 count/min pada filter rokok A, pada filter rokok B sebesar 25.88 count/min sedangkan pada filter rokok C sebesar 24.31 count/min dengan jarak 6 cm dari sumber radiasi. Filter rokok A memiliki cacahan intensitas yang paling besar dibandingkan dengan filter rokok B dan filter rokok C baik dengan sumber Sr-90 maupun Am-241.



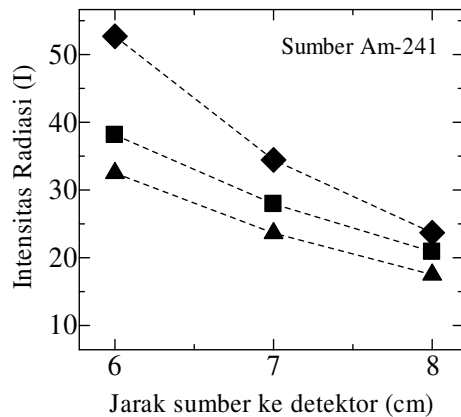
Gambar 5 Grafik hubungan antara ketebalan filter rokok pada kondisi normal terhadap intensitas radiasi dengan (a) Sumber Sr-90 (b) Sumber Am-241

Ketebalan suatu material penyerap sangat mempengaruhi intensitas radiasi yang diperoleh. Semakin tebal material penyerap maka semakin kecil pula intensitas radiasi yang diperoleh. Gambar 5 menjelaskan hubungan antara ketebalan filter rokok pada kondisi normal terhadap intensitas radiasi yang diperoleh. Berdasarkan grafik pada Gambar 5 filter rokok A memiliki ketebalan sebesar 1.9 cm, filter rokok B sebesar 2 cm, dan filter rokok C memiliki ketebalan yang paling besar yaitu 2.6 cm. Berdasarkan grafik didapat bahwa filter rokok C

memiliki intensitas radiasi (I) yang paling kecil dibandingkan dengan filter rokok A maupun filter rokok B untuk setiap variasi jarak dan variasi sumber radiasi. Hal ini diakibatkan karena filter rokok C memiliki ketebalan yang paling besar diantara kedua rokok tersebut.



(a)



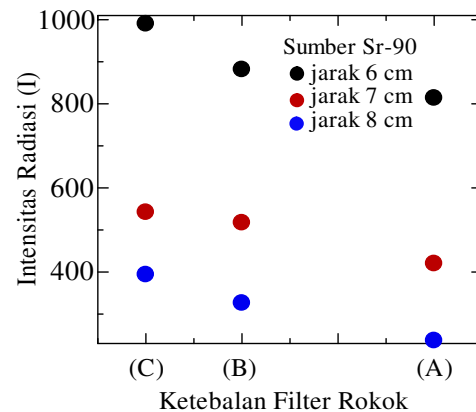
(b)

Gambar 6 Grafik hubungan antara jarak terhadap Intensitas radiasi pada filter rokok pres (a) Sumber Sr-90 (b) Sumber Am-241

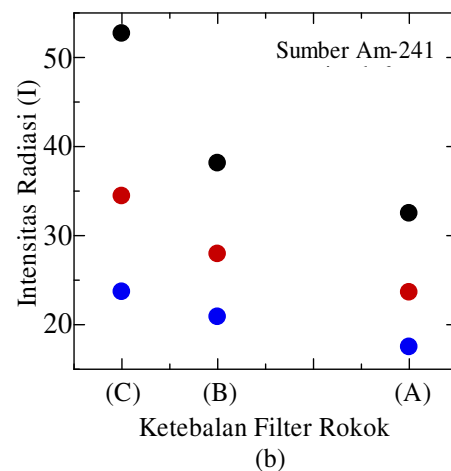
Untuk filter rokok pres, filter C memiliki cacahan intensitas radiasi (I) paling tinggi yaitu sebesar 990.31 count/min diikuti oleh filter rokok B sebesar 881.69 count/min dan filter rokok A sebesar 813.81 count/min pada jarak 6 cm menggunakan sumber Sr-90. Hasil pengukuran untuk sumber Am-241 diperoleh intensitas radiasi sebesar 52.69 count/min pada filter rokok C, pada filter rokok B sebesar 38.13 count/min sedangkan pada filter rokok A sebesar 32.5 count/min dengan jarak 6 cm. Filter rokok C memiliki intensitas yang paling besar dibandingkan dengan filter rokok B dan filter rokok A baik dengan sumber Sr-90 maupun Am-241.

Pada pengukuran filter rokok pres ini juga diperoleh cacahan intensitas radiasi yang semakin kecil apabila jarak sumber ke detektor semakin jauh

seperti halnya pada filter rokok kondisi normal. Cacahan intensitas radiasi (I) yang paling tinggi untuk filter rokok pada kondisi normal diperoleh oleh filter rokok A, sedangkan untuk filter rokok pada kondisi dipres diperoleh oleh filter rokok C. Hal ini diakibatkan karena filter rokok C memiliki ketebalan yang paling kecil diantara kedua filter rokok tersebut, sehingga cacahan intensitas radiasinya (I) lebih sedikit diserap oleh filter tersebut.



(a)



(b)

Gambar 7 Grafik hubungan antara ketebalan filter rokok yang telah dipres terhadap intensitas radiasi dengan (a) Sumber Sr-90 (b) Sumber Am-241

Berdasarkan grafik pada Gambar 7, filter rokok A memiliki ketebalan sebesar 0.016 cm, filter rokok B sebesar 0.012 cm, dan filter rokok C memiliki ketebalan yang paling kecil yaitu 0.010 cm. Namun secara keseluruhan filter rokok yang telah dipres memiliki nilai cacahan yang lebih besar daripada kondisi normal untuk sumber Sr-90. Artinya meskipun terjadi kenaikan kerapatan sampel, namun ketebalan perisai lebih banyak mempengaruhi banyaknya paparan radiasi yang masuk, terutama untuk sumber radiasi beta (Sr-90).

Berdasarkan Gambar 4 dan 5 terlihat bahwa penurunan intensitas radiasi memiliki nilai kemiringan yang berbeda-beda pada setiap filter rokok. Perbedaan nilai kemiringan kemungkinan terjadi dikarenakan faktor material dari filter tersebut. Namun secara logika seharusnya dihasilkan penurunan yang sama untuk setiap penambahan jarak, terjadi perbedaan artinya terdapat kehilangan sumber radiasi yang seharusnya terdeteksi oleh detektor. Kehilangan tersebut kemungkinan dapat diakibatkan oleh adanya medan magnet atau medan listrik disekitar area penelitian. Kemungkinan lainnya adalah akurasi dari alat detektor yang bisa mencapai 2-20 count/min. Untuk mengetahui seberapa besar nilai kemiringan dan korelasi (hubungan) untuk setiap intensitas radiasi filter rokok dengan masing-masing jaraknya maka dianalisis regresi linier pada setiap filter rokok.

Tabel 3 Kemiringan dan korelasi intensitas radiasi filter rokok

| Filter rokok | Sumber | Kemiringan (a) | Korelasi (R^2) |
|-----------------------|--------|----------------|--------------------|
| <i>Kondisi Normal</i> | | | |
| A | Sr-90 | -28.655 | 0.9994 |
| | Am-241 | -11.375 | 0.9673 |
| B | Sr-90 | -27.72 | 0.9818 |
| | Am-241 | -9.565 | 1 |
| C | Sr-90 | -10.84 | 0.9988 |
| | Am-241 | -7.495 | 0.9966 |
| <i>Kondisi Pres</i> | | | |
| A | Sr-90 | -288.41 | 0.9575 |
| | Am-241 | -7.5 | 0.9890 |
| B | Sr-90 | -277.72 | 0.9686 |
| | Am-241 | -8.625 | 0.9891 |
| C | Sr-90 | -298.21 | 0.9224 |
| | Am-241 | -14.5 | 0.9782 |

Tabel 3 menunjukkan korelasi kemiringan dari intensitas. Tanda negatif pada kolom kemiringan di atas menunjukkan bahwa terjadinya penurunan cacahan intensitas radiasi (I). Pada sumber Sr-90 untuk filter rokok kondisi normal kemiringan filter rokok A dan filter B memiliki nilai yang hampir sama, artinya data yang diperoleh adalah konsisten. Sedangkan untuk filter rokok C memiliki kemiringan yang lebih kecil. Untuk sumber Am-241 data sulit untuk dianalisa dikarenakan data hasil cacahan yang diperoleh cukup rendah dan hampir mendekati akurasi dari alat pencacah detektor Geiger-Muller (0-20 count/min), namun tendensinya hampir sama dengan sumber Sr-90 (Hadaina, 2016).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapat bahwa perisai Pb sangat efektif untuk menyerap bahan radioaktif dan semakin jauh jarak sumber radiasi terhadap target paparan maka nilai cacahan intensitas yang didapatkan akan semakin berkurang. Cacahan intensitas radiasi (I) yang paling rendah untuk filter rokok pada kondisi normal diperoleh oleh filter rokok C, sedangkan untuk filter rokok yang telah dipres diperoleh oleh filter A. Hal ini terjadi karena pada kondisi normal, filter rokok C memiliki ketebalan tertinggi sebesar 2,6 cm dan dalam kondisi dipres, filter rokok A memiliki ketebalan yang tertinggi yakni sebesar 0,016 cm. Berdasarkan sifat fisis dari filter rokok didapatkan bahwa filter rokok yang memiliki ketebalan yang besar maka akan mengurangi besarnya cacahan intensitas yang masuk tanpa dipengaruhi oleh kerapatannya. Kerapatan dari filter sulit ditentukan korelasinya terhadap intensitas, berdasarkan studi ini didapat bahwa kerapatan tidak mempengaruhi besar berpengaruh terhadap nilai koefisien serapan massa bahan filter tersebut. Ketebalan daripada filter rokok sangat berpengaruh terhadap nilai cacahan intensitas radiasi dari sumber alfa dan beta.

Daftar Pustaka

- Afif, Achmad Chalid dkk. 2014. Pengukuran Tingkat Radioaktivitas Pb-210 dan K-40 pada Tembakau Rokok serta Estimasi Dosis Efektif yang Diterima dari Merokok. *Youngster Physics Journal*. Vol.3, No.4.Semarang.
- Carvalho, Fernando. P. 2006. *Polonium in Cigarette Smoke and Radiation Exposure of Lungs*. Czechslovak Journal of Physics. Portugal. Vol.5.
- Camber, Herman. Introduction to Health Physics. Pangamon Press Inc. New York. USA.
- Papastefanou, Constantine. 2009. Radioactivity Of Tobacco Leaves and Radiation Dose Induced from Smoking. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Greece.
- Sitti Hadaina, 2016, "Pengukuran koefisien serapan massa (mm) filter rokok komersial menggunakan detektor Geiger Muller", Skripsi Sarjana Jurusan Fisika FMIPA Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh
- Wiryosimin, Suwarna. 1995. *Mengenal Asas Proteksi Radiasi*. ITB, Bandung